



Gambar 2 : liner yang mengalami kegagalan

### 3.2 Analisa Komposisi Kimia

Komposisi kimia dilakukan pada baja paduan tinggi mangan *Liner FEM A (1110 4 RI C)* dengan komposisi yang terlihat pada tabel 2

Tabel 2 : Komposisi kimia liner dengan menggunakan *SPEKTROLAB Luam 11 Germany*

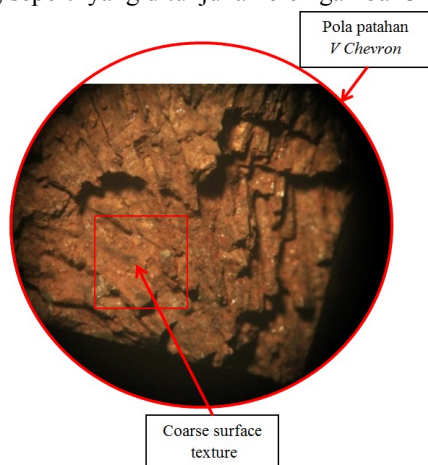
Komposisi (dalam %)	Liner FEM A (1110 4 RI C) Hasil spektrofotometri
Carbon	1,14
Manganese	12,71
Chromium	2,12
Molybdenum	0,0055
Nickel	0,0423
Silicon	0,456
Phosphorus	0,0458
Sulfur	0,00020
Aluminium	0,0319
Copper	0,0162
Vanadium	0,0171
Nitrogen	0,0139
Ferrous	83,4

Hasil uji komposisi liner tidak ada penyimpangan komposisi sesuai dengan prosedur yang dianjurkan[4].

### 3.3 MORFOLOGI MATERIAL

#### 3.3.1 Foto Makroskopi

Pengujian makroskop untuk mendapatkan data berupa gambar mengenai pola patahan yang terjadi secara makroskopi, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3



Gambar 3 : Hasil pengamatan mikroskop perbesaran 8x

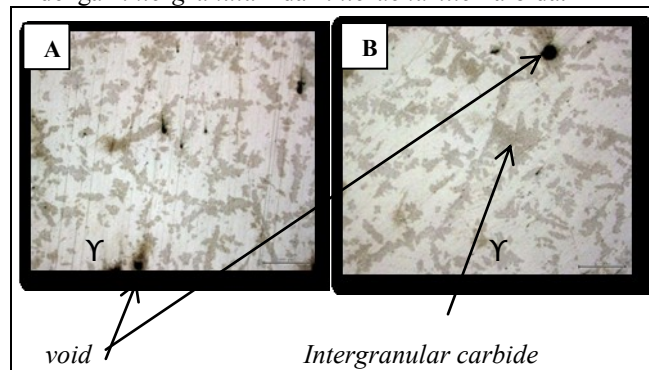
Material mengalami patah getas yang melewati butiran (*transgranular brittle fracture*). Permukaan yang kasar dan membentuk pola-pola chevron[5], tidak ada pengecilan ukuran benda kerja, bahkan dalam gambar tidak ditemukan adanya *beachmark* yang biasanya terjadi pada material yang mengalami beban siklik[6]

#### 3.3.2 Metallografi

Pengamatan Mikro untuk memperoleh informasi yang lebih detail tentang Struktur mikro yang ada pada material awal maupun yang telah mengalami perlakuan panas. Larutan etsa digunakan *glyceregia* dengan komposisi HCL:HNO<sub>3</sub>:Gliceryn (1:3:3) yang dapat memperlihatkan fasa  $\gamma$  austenit dan *intergranular carbide*[7]. Gambar 4 dibawah ini menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro dengan perbesaran mikroskop optik 50X pada masing – masing baja paduan tinggi mangan *FEM A (1110 4 RI C)*

yang mengalami proses *solution treatment (quench)* dengan media air mengalir di temperatur 940°C selama 1 jam dengan proses temper 400°C[2]. Proses normalizing dilakukan pada temperatur austenitisasi pada temperatur 940°C dan dilakukan pendinginan udara sampai temperatur kamar[2].

Struktur mikro material awal baja paduan tinggi mangan *FEM A (1110 4 RI C)* ditunjukkan Gambar 4.C menunjukkan daerah terang matriks  $\gamma$  yang merupakan austenit dan daerah gelap merupakan butiran austenit dengan *intergranular* dan *interdendritic* karbida.



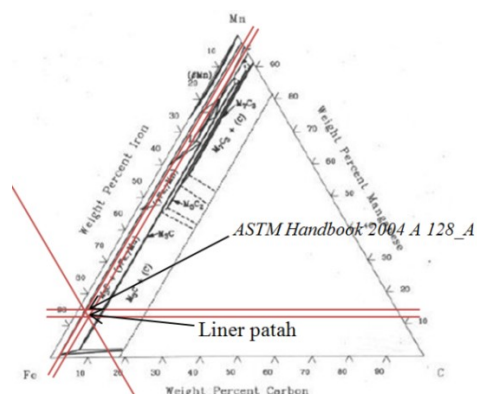
Gambar 4. Struktur mikro baja paduan tinggi mangan (50X):

(A) *Failure liner*

(B) *solution treatment (water quench)* temperatur 940°C dan holding time 1 jam dan proses *tempering* pada temperatur 400°C

Material *failure* dari semen padang ditunjukkan pada Gambar 4.A, hasil yang diperoleh yaitu persebaran karbida yang merata dan tidak terjadi penumpukan karbida seperti yang terdapat pada material *as cast* tanpa perlakuan panas[7-8]. Material yang telah mengalami *solution treatment (water quench)* pada temperatur 940°C dengan temper 400°C ditunjukkan pada Gambar 4.C mempunyai struktur yang menyerupai material yang mengalami kegagalan. Persebaran karbida yang merata dan tidak berkumpul di satu titik terpengaruh oleh hasil dari perlakuan panas yang dilakukan pada material tersebut, sehingga material tahan terhadap thermal cracking mengingat material bekerja pada temperatur 279°C. Porositas yang terlihat pada hasil struktur mikro pada Gambar 4.D menyebabkan perubahan sifat mekanik material menjadi cenderung getas. Porositas yang terlihat pada struktur mikro dianalisa lebih lanjut dengan menggunakan SEM.

Komposisi fasa yang terbentuk pada paduan ini yaitu matrik austenit ( $\gamma$ ), *intergranular/interdendritic carbide* sebagai *reinforce* dan Fe<sub>3</sub>Mn<sub>7</sub> sebagai presipitat[9] seperti yang ditunjukkan diagram ternary pada Gambar 5

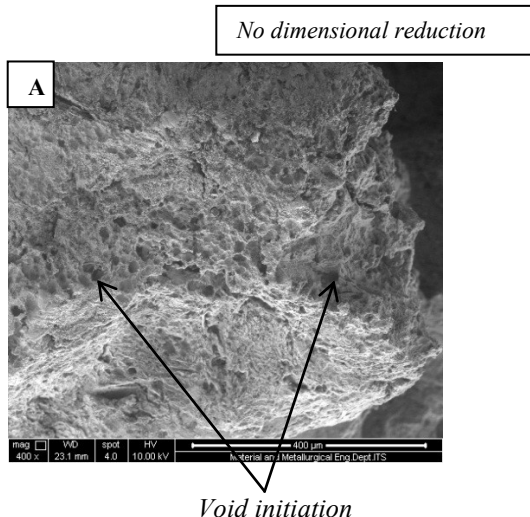




Gambar 5 : Diagram fasa terner C-Fe-Mn pada temperatur 1050°C

### 3.3.2SEM/EDX

Pengamatan dilakukan pada perbesaran 200X dan 400X. Dari hasil uji SEM ini terlihat adanya porositas dalam struktur. Berbagai ukuran porositas yang terdapat pada material dengan persebaran yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan detail ukuran dari porositas ditunjukkan pada Tabel 3



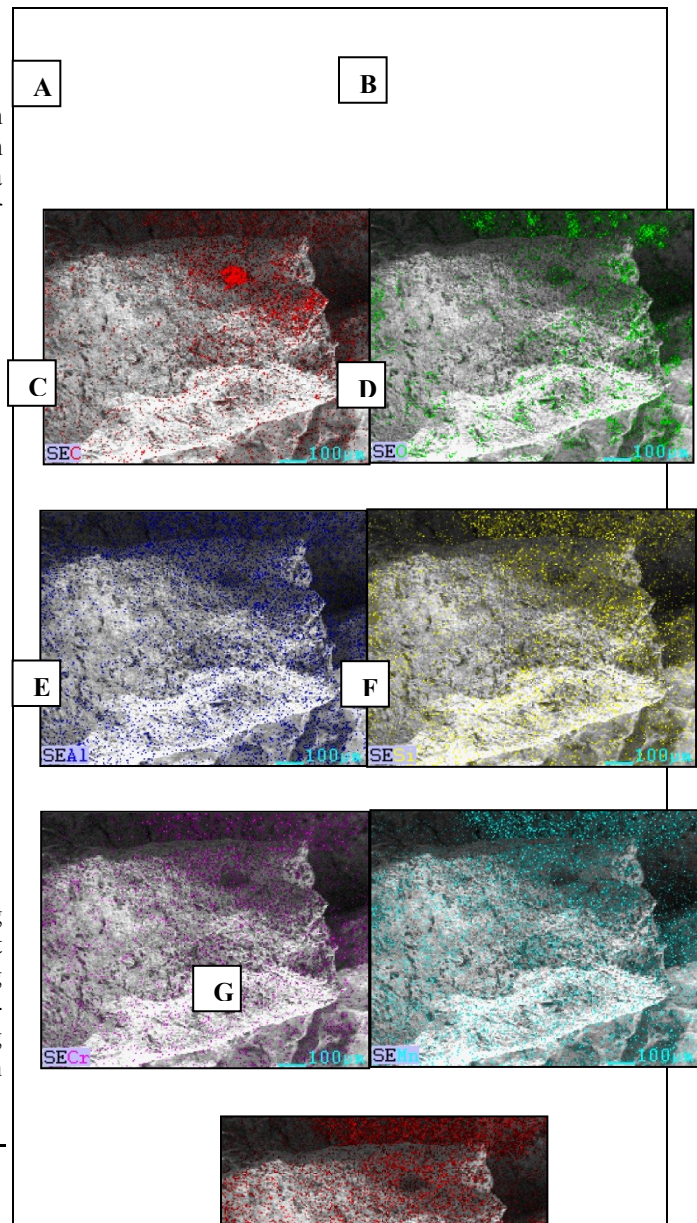
Gambar 6 : Hasil Uji SEM pada material yang mengalami patahan dan material sebelum mengalami kegagalan (A) Perbesaran 200X, (B) perbesaran 400X

Hasil uji SEM diatas terlihat adanya porositas yang ukurannya tertera pada Tabel 3. Porositas yang terdapat pada material mempengaruhi sifat mekanik yang cenderung getas dan kualitas material yang digunakan akan turun[10-11]. Dibawah ini ditunjukkan hasil mapping tiap unsur yang ada pada sekitar daerah patahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5

Tabel 3 Ukuran void pada material

Titik sampel	1	2	3	4	5
$\varnothing_{\text{void}}$ (mm)	4	4	4.2	2.1	3.7
Skala gambar 1mm : 0.1225 $\mu\text{m}$					
$\varnothing_{\text{void}}$ ( $\mu\text{m}$ )	0.490	0.490	0.5145	0.25725	0.45325
Average diameter void ( $\mu\text{m}$ )	0,441 $\mu\text{m}$				

Diameter void ditunjukkan pada Tabel 3 mempunyai nilai rata-rata sebesar 0,441 $\mu\text{m}$ , dampak yang ditimbulkan oleh void pada material ini berupa inklusi/cacat awal penyebab retak pada material[11].



Gambar 7 : Hasil mapping unsur pada patahan 100 $\mu\text{m}$  : (A) karbon, (B) Silikon, (C) Besi, (D) Silikon, (E) Besi, (F) Besi, (G) Besi

Hasil EDX mapping unsur pada patahan 100 $\mu\text{m}$  : (A) karbon, (B) Silikon, (C) Besi, (D) Silikon, (E) Besi, (F) Besi, (G) Besi. Unsur Fe, Mn dan Cr yang merata pada seluruh permukaan patahan, unsur O yang terlihat pada hasil uji EDX terpusat pada porositas yang terjadi pada material, unsur Al persebarannya merata, dan unsur C pada Gambar 7.A berkumpul pada satu titik dan tidak tersebar secara merata. Unsur C yang tidak merata pada material berakibat pada perubahan sifat mekanik menjadi terlampau getas, hal ini yang kemungkinan terjadi pada liner sehingga material tidak dapat menahan beban impact yang berujung pada kecacatan sampai mengalami patah akhir.

## 3.4 SIFAT MEKANIK MATERIAL

### 3.4.1 Hasil Pengujian Kekerasan

Standart ASTM E97-82RO3 digunakan untuk mengetahui kekerasan dari material yang mengalami kegagalan. Nilai kekerasan ditunjukkan pada tabel 4

Tabel 4 Nilai kekerasan baja austenitik paduan tinggi mangan *Liner FEM A (1110 4 RI C)* dengan berbagai variasi *treatment*.

Hasil <i>Hardness Vickers standart ASTM E97-82RO3</i>	<i>Treatment</i>		
	<i>As Cast &amp; Treatment (Vendor)</i>	<i>Normalizing 940°C</i>	<i>Quench 940°C – temper 400°C</i>
1	292	263	267
2	303,5	275	269
3	322,2	285	330
<i>Average</i>	305,9	274,33	288,67
<i>ASM Intl.</i>	262 VHN		

Hasil pengujian kekerasan ini didapatkan suatu hubungan antara nilai kekerasan (VHN) dengan proses *treatment*. Tabel 4 menunjukkan bahwa semakin mendekati permukaan maka terjadi peningkatan kekerasan pada material. Hasil yang didapatkan pada material awal dari PT. Semen Padang dihasilkan kekerasan rata-rata sebesar 305,9VHN. Kekerasan tertinggi didapatkan pada material *as cast* yaitu sebesar 305,9VHN, material yang telah mengalami perlakuan panas (*normalizing*) terjadi penurunan kekerasan sebesar 274,33VHN dan pada material yang telah diberikan perlakuan panas *normalizing* dan *solution treatment 940°C+temper 400°C* yaitu sebesar 288,67VHN.

#### IV. KESIMPULAN

1. Terdapat porositas pada material, kekerasan yang terlampaui tinggi 305VHN diatas batas yang diijinkan ASM intl sebesar 262VHN.
2. Porositas sebesar 0,441µm ditemukan pada permukaan patahan sebagai penyebab dan awal mula dari perambatan retakan, retakan pada material ini mengurangi kemampuan material dalam menerima beban impak dan merambat pada area propagasi membentuk pola *V chevron* dengan struktur yang kasar sampai pada patah akhir dan mengalami kegagalan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] \_\_\_\_ 2011. Rawmill. Perawatan dan pemeliharaan mesin IV. Semen Padang : Rawmill IIIB Indarung IV
- [2] \_\_\_\_ ASM (American Standart for Material) Handbook volume 1, "***Properties and selection: Iron, Steel, High Performance, Austenitic Manganese Steels***" 2004
- [3] \_\_\_\_ ASM (American Standart for Material) Handbook volume 19, "***Fatigue and Fracture***" 2004
- [4] \_\_\_\_ ASTM (American Society of Testing and Material), "***Standart Spesification for Steel casting,austenitic manganese<sup>1</sup>***" 2004
- [5] \_\_\_\_ ASM (American Standart for Material) Handbook volume 12, "***Fractography***" 2004

- [6] Mardianto. 2010. ***Analisa kegagalan dan perkiraan umur sisa terhadap riser tube waste heat bolier E 1007 B NH<sub>3</sub> unit di PT.Pupuk Kaltim TBK***. Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS, Surabaya
- [7] \_\_\_\_ASM (American Standart for Material) Handbook volume 09, "***Metallography***" 2004
- [8] Karl-Erik Thelning. 1984. ***Steel and Heat Treatment***. Research and development smedjebacken-boxholm stal AB, Sweden.
- [9] \_\_\_\_ASM (American Standart for Material) Handbook volume 03, "***Alloy Phase Diagram***" 2004
- [10] Emin Bayraktar. 2003. ***Deformation and fracture behaviour of high manganese steel***. Mechanical engineering of Rue Fernand Hainanut, Saint Ouen, France.
- [11] \_\_\_\_ASM (American Standart for Material) Handbook volume 11, "***Failure Analysis***" 2004